

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09051560 A**

(43) Date of publication of application: **18 . 02 . 97**

(51) Int. Cl

H04Q 3/52

H04J 14/00

H04J 14/02

H04B 10/20

H04B 10/02

H04J 1/00

(21) Application number: **07203643**

(22) Date of filing: **09 . 08 . 95**

(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>**

(72) Inventor: **NAGATSU HISAHIDE
SATO KENICHI**

(54) **LIGHT PATH SETTING METHOD FOR
WAVELENGTH MULTIPLEX OPTICAL
COMMUNICATION NETWORK**

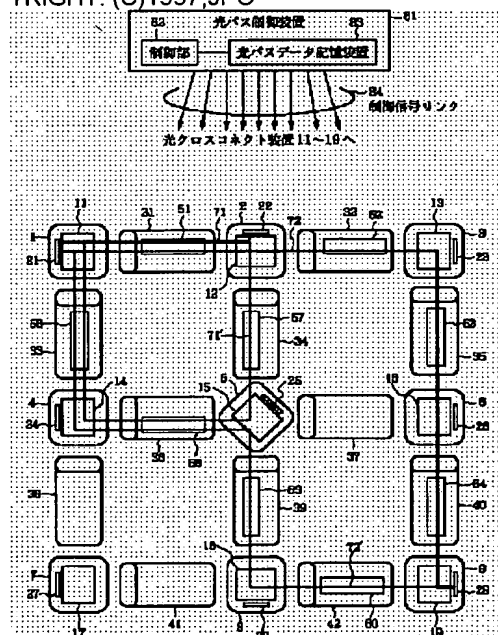
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease the number of necessary light paths in the network by setting a stand-by light path for relieving an in-use optical transmission line which is affected by trouble if an arbitrary single optical transmission line gets out of order.

SOLUTION: Light paths 71 and 72 which are so set as to decrease the total number of light paths 51-60 connecting nodes having optical cross-connection devices 11-19 are set as in-use paths. Assuming that a fault occurs at one place on every optical transmission lines 31-42 as to the set in-use paths, in-use by-pass paths which are included in all the light paths 51-60 in a faulty optical transmission line and by-pass paths which minimize the total number of light paths 51-60 including the light paths of the in-use paths that do not pass through the faulty optical transmission line are set as stand-by paths for the in-use paths in case of fault occurrence. Consequently, the use efficiency of the light paths 51-60 is increased and the number of the

necessary light paths in the network can be decreased.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-51560

(43) 公開日 平成9年(1997)2月18日

| (51) Int.Cl. ⁹ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|---------|--------------|--------|
| H 0 4 Q 3/52 | | 9566-5G | H 0 4 Q 3/52 | C |
| H 0 4 J 14/00 | | | H 0 4 J 1/00 | |
| | 14/02 | | H 0 4 B 9/00 | E |
| H 0 4 B 10/20 | | | | N |
| 10/02 | | | | H |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-203643

(22) 出願日 平成7年(1995)8月9日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 長津 尚英

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 佐藤 健一

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

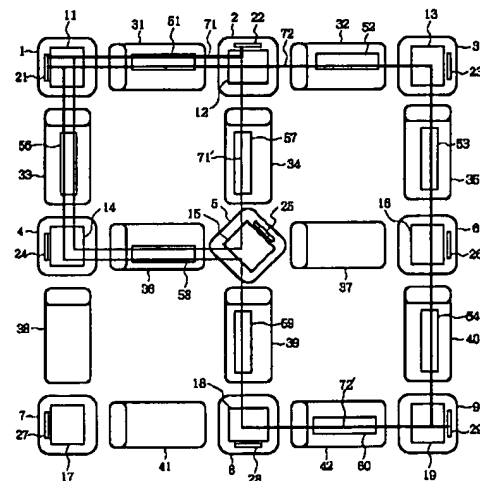
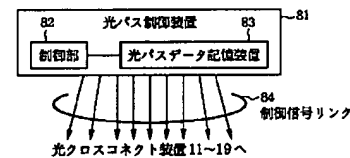
(54) 【発明の名称】 波長多重光通信網の光パス設定方法

(57) 【要約】

【課題】 多数のノード間が複数の光線路を含む光伝送路により接続された波長多重光通信網に、合理的に現用および予備の光パスを設定する。

【解決手段】 設定された現用の光パスが通過する光伝送路の一箇所ずつの障害を想定し、それに伴い不通となる光パスを考慮しつつ、予備の光パスを設定する。このとき、光伝送路内の収容パス数を波長数で割った剰余を考慮しながら光伝送路の光パス数が波長数の整数倍となるようにする。

【効果】 光パス網において必要な光線路の総数が少なく、ノード内の光クロスコネクタ装置の規模を小さくできる。迅速な設定ができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光パスの切替接続を行う光クロスコネクト装置および光パスを終端する光パス終端装置がそれぞれ設けられた複数のノードをそれぞれが複数の光線路により構成された光伝送路により接続した波長多重光通信網内にノード間を接続する経路を設定する波長多重光通信網の光パス設定方法において、

前記光クロスコネクト装置を有するノード間を接続する光線路の総数の低減をはかるように設定された光パスを現用の経路として設定する第一のステップ(S21)

と、

この第一のステップにより設定された現用の経路について各光伝送路毎にそれぞれ一箇所ずつ故障が発生したものと想定し、それぞれの故障時にこの故障光伝送路内の全ての光線路内に収容されていた現用の迂回経路およびこの故障光伝送路を通過しない現用の経路の光パスを収容する光線路の総数が最小となる迂回経路を前記現用の経路の予備の経路として設定する第二のステップ(S22～S30)とを備えたことを特徴とする波長多重光通信網の光パス設定方法。

【請求項2】 前記第二のステップは、各光伝送路毎に収容光パス数を多重可能波長数で割った剰余を求め、この剰余が零以外の値となる光伝送路ではその剰余の逆数をその光伝送路の伝送路距離とし、前記剰余が零となる光伝送路ではその光伝送路の収容光パス数をその光伝送路の伝送距離とする伝送路距離算出ステップ(S24)と、

前記剰余が零以外の最小値をとる光伝送路を検索し、その検索された光伝送路を最大回通過する光パスの経路を検索する経路検索ステップ(S25)とを備えた請求項1記載の波長多重光通信網の光パス設定方法。

【請求項3】 前記第二のステップにより設定された予備経路を初期の予備経路とするステップ(S31)と、一つの光伝送路の故障時の迂回経路を再設定して光クロスコネクト装置間の光線路の総数を低減するとき、当該故障光線路以外の故障を考慮せずに光クロスコネクト装置間の光線路の総数の低減をはかる予備の光パス再設定ステップ(S34～S48)とを備えた請求項1記載の波長多重光通信網の光パス設定方法。

【請求項4】 一つの現用および予備の経路の始点から終点の間に同一の波長が割り当てられ、現用の経路およびこれに対応する予備の経路についてそれぞれ異なる波長割当を許容するときこの現用の経路および予備の経路の両端のノード内の光線路数を増大させない波長を検索するステップ(S56)を含む請求項1ないし3のいずれかに記載の波長多重光通信網の光パス設定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は多数のノード間が波長多重光伝送路により接続された光通信網に利用する。

特に、二つのノード間に設定される光パスを網内にできるだけ合理的に設定する方法に関する。さらに詳しくは、光パス網において必要となる光線路の総数を低減させ、光クロスコネクト装置の規模を低減させる技術に関する。予備経路の設定方法について先願(特願平7-014334号、本願出願時に未公開)の改良に関する。【0002】

【従来の技術】 従来例を図9～図12を参照して説明する。図9は1本の光線路内に多重可能な波長数が“2”であるとした場合の従来例の光パス網の構成を示す図である。図10は従来例の現用光パスを設定する際に用いる手順を示すフローチャートである。図11は従来例の予備の光パスを初期設定する際に用いる手順を示すフローチャートである。図12は従来例の現用および予備の光パスを再設定する際に用いる手順を示すフローチャートである。図10に示す手順は、特願平7-014334号(本願出願時に未公開)に記載された手順を簡略化したものであり、設定すべき現用の光パスに対し、光クロスコネクト装置間を接続する光線路の総数が最小になるように、経路を最短経路探索を用いて決定し、設定された経路の始点・終点間の各光伝送路にてそれぞれ任意の波長を割当てる光パス設定手法である。なお、この手順の代わりに特開平7-143062号公報により公開された現用光パス設定手順を用いてもよい。図11に示す手順は、特願平6-038827号(本願出願時に未公開)に記載された予備の光パス設定手順を簡略化したものであり、図12は特願平6-038827号(本願出願時に未公開)に記載された現用および予備の光パスを再設定する手順を簡略化したものである。これらは設定すべき予備の光パスの経路に対し、各光伝送路に収容される光パス数が均等になるように、経路を最短経路探索その他を用いて決定し、設定された経路の始点・終点間の各光伝送路にてそれぞれ任意の波長を割り当てる光パス設定手法である。

【0003】 従来例の方法では、まず図10に示す手順にしたがって、設定すべき現用の光パス71、72の終端点データおよび設定本数を光パス制御装置81に入力したとき、制御部82において光パスの経路を設定することになる。

【0004】 最初に設定を行う現用の光パス71、72が終端される光パス終端装置(21および22、21および29)間の位置情報を光パス制御装置81に入力する(S71)。光パス制御装置は網内に均等に光パスが収容されるよう、光パス終端装置21と22との間および光パス終端装置21と29との間に現用の光パスの初期経路を設定する(S72)。図9ではそれらの経路を省略してある。

【0005】 制御部82は、網内の所用光線路数が最小となるよう、S72で初期設定された経路を再設定する(S73)。ここでは光パス終端装置21と22との間

に光バス71が設定され、光バス終端装置21と29との間に光バス72が設定されたものとする。光バス71は光伝送路31内の光線路51のみをその経路に含み、光バス72は光伝送路31内の光線路51および光伝送路32内の光線路52および光伝送路35内の光線路53および光伝送路40内の光線路54をその経路に含む。その結果、波長多重数が“2”である本例においては、各光伝送路内に1本ずつの光線路が必要であり、網内の各光クロスコネクタ装置間を接続する光線路の総数は4本となる。

【0006】制御部82は、S73で設定された現用の光バス経路に対し、その通過光線路毎に各光線路内では同一の波長が2回以上使用されないように使用可能な波長を任意に割当てて（S74）。

【0007】続いて制御部82は、図11の手順を用いて、各光伝送路毎にそれぞれ1ヵ所ずつ故障が発生した場合の各現用に対する予備の光バス71'、72'の設定を行う。

【0008】制御部82は、新たな予備の光バスの経路探索に用いる光伝送路33、34、36、38、41および42の伝送路距離を求め、光バスデータ記憶装置83に記憶する（S81）。ここで伝送路距離とは、ある伝送路が故障した場合に用いられる予備の光バスの収容数を各光伝送路について求め、全ての単一光伝送路故障について各光伝送路毎に収容数の総和をとったものである。本例では、あらかじめ網内に設定されている予備の光バスが存在しないため、各光伝送路の距離はいずれも零となる。

【0009】制御部82は、S81で求めた光伝送路距離を用いて予備の光バスを最短経路探索を用いて設定する（S82）。ここではまず光バス71'が光伝送路33、36および34を通過するように設定される。本例のように、光伝送路距離が全て零である場合には、経由する光伝送路数が最小となる経路が探索される。

【0010】制御部82は、S82で設定された経路に沿って、光伝送路距離をそれぞれ1ずつ増加させ、新たな光伝送路距離として光バスデータ記憶装置83に記憶する（S83）。ここでは、光伝送路33、34、36の光伝送路距離がそれぞれ“1”となる。

【0011】制御部82は、他に設定すべき予備の光バスが存在するかを判定する（S84）。他に設定すべき予備の光バスが存在する限り、S82、S83を繰り返す。ここでは、予備の光バス72'をさらに設定する。予備の光バス72'は、更新された光伝送路距離に基づき、光伝送路33、38、41および42を通過する経路が探索される。

【0012】続いて制御部82は、図12の手順を用いて図9のS71～S74で設定された現用の光バス71、72と、図11のS81～S84で初期設定された予備の光バス71'、72'の再設定を行う。

【0013】制御部82は、必要波長数すなわち最大数の現用および予備の光バスを収容する光伝送路の収容バス数が最大となる光伝送路故障を探索する（S91）。ここでは、光伝送路31が故障した場合に光伝送路33の全収容バス数が“2”となり、他の光伝送路故障の場合の故障光伝送路の収容バス数の最大値“1”を上回るため、光伝送路31が選択される。

【0014】制御部82は、選択された光伝送路内に収容されている全ての現用のバスを検索する（S92）。ここでは光伝送路31に収容される現用の光バス71および72が選択される。

【0015】制御部82は、各光伝送路における収容現用光バス数を光伝送路距離として、最短経路探索を用いて現用の光バスを再設定する（S93）。制御部82は再設定の前で光伝送路距離の更新を行い、光バスデータ記憶装置83に距離データを記憶する。ここでは、各現用は経由リンク数最小の経路となる条件が課されており、光バス71および72は再設定によっても経路が変わらなかったものとする。

【0016】制御部82は、S73を実行した現用に対応する予備を図11のS83と同様の手順で再設定する（S94）。ここでは現用の光バス71および72に対応する予備の光バス71'および72'を再設定することになるが、再設定によって経路の変更はない。

【0017】制御部82は、S91～S94の再設定ステップを規定回数（=N）繰り返したかを判定し、規定回数に達していない場合にはS91を再び実行する（S95）。ここではN=1としたので計算を終了する。

【0018】以上、図11のS81～S84および図12のS91～S95の手順では予備の光バス71'が光伝送路36を通過した場合に、光バス72'がこの光伝送路を通過せず、光伝送路41を通過するように設定することで予備の光バスの網内への均等な収容が実現される。

【0019】さらに、図13および図14に示す現用の経路に対する波長割当を始点・終点間で同一とする波長割当を用いた従来例を説明する。このようにすることで、ノード内で光クロスコネクタ装置から光バス終端装置へと振り分けられる光バスを収容するための光線路の増大を抑えることができる。図13は現用の光バスに対する波長割当を始点・終点間で同一とする従来例を説明するための光バス網の全体構成図である。図14は現用の光バスに対する波長割当を始点・終点間で同一とする手順を示すフローチャートである。以下では、この手順にしたがって、図10の手順を用いて設定された現用の光バス経路に対する波長割当例を示す。

【0020】光バス制御装置81の制御部82は、図10（S71～S73）の手順を用いて現用の光バス71～75の経路を設定する（S101）。制御部82は、何らかの手順を用いて、光バス71～75の経路を各グ

ループに属するそれぞれの光パスが同一グループ内の他の光パスと通過光伝送路を共有しないような複数のグループに分割する(S103)。以後これらのグループを特にレイヤと呼ぶこととする。このときかつそれぞれのレイヤで使用される光伝送路数が最大となるように各レイヤに分けることが望ましい。ここでは、光パス71、73および74がレイヤ#1に、光パス72および75がレイヤ#2に分けられたものとする。

【0021】制御部82は、レイヤを任意に並べ換える(S104)。ここではレイヤ#1、レイヤ#2の順に並べ換えられたものとする。制御部82は、S104で並べ換えたレイヤの順序にしたがって、サイクリックに波長番号を割当てる(S105)。ここでは波長数が“2”であるため、レイヤ#1の光パス71、73および74に波長#1($\lambda 1$)が、レイヤ#2の光パス72および75に波長#2($\lambda 2$)が割当てられることとなる。

【0022】制御部82は、各ノード1~6において終端される光パスの波長割当を監視し、各波長の光パスが何本終端されるかをノード毎に求め、各ノード内の光クロスコネクタ装置と光パス終端装置との間に必要な光線路数を算出する(S106)。ここでは、各ノードの光クロスコネクタ装置と光パス終端装置との間に必要な光線路数は、ノード1で2本、ノード2で1本、ノード4で2本、ノード5で1本、ノード6で1本、ノード9で1本となる。制御部82は、各隣接ノード間を接続する光伝送路内に必要となる光線路数を、S105の波長割当に基づきS106と同様に算出する(S107)。ここでは、各光伝送路で必要となる光線路数は、光伝送路31で1本、光伝送路32で1本、光伝送路33で1本、光伝送路35で1本、光伝送路36で1本、光伝送路37で1本、光伝送路40で1本となる。

【0023】制御部82は、S106で得られた光クロスコネクタ装置と光パス終端装置との間に必要な光線路数とS17で得られた光伝送路内で必要な光線路数とともに、各ノード内の光クロスコネクタに必要な光線路の総方路数を算出する(S108)。ここでは各ノード1~6内の光クロスコネクタ装置11~16の総方路数は、ノード1について4本、ノード2について3本、ノード3については2本、ノード4については4本、ノード5については3本、ノード6については4本、ノード9については2本となる。

【0024】制御部82は、S108で得られた各ノード内の光クロスコネクタ装置の総方路数の総和を求め、光パスデータ記憶装置83に予め記憶されている値と大小比較を行う(S109)。ここでは総方路数の総和は22となる。

【0025】制御部82は、S108で求められた値があらかじめ光パスデータに記憶されている値に比べて小さい場合には、光パスデータ記憶装置83に記憶してあ

る値を更新するとともに、S105で行った波長割当を最適割当状態と判定し、各光パス経路に対する波長割当を記憶する(S110)。ここでは値が更新されたものとする。

【0026】制御部82は、S104~S110を任意の規定回数($=M$)繰り返したかを判定する(S111)。ここでは $M=1$ としたので波長割当を終了する。

【0027】制御部82は、S104~S110を規定回数繰り返した後に、経路設定手順S101および波長割当手順S102(S103~S111)を規定回数($=N$)繰り返したかを判定する(S8)。ここでは $N=1$ としたので光パスの設定手順が終了し、光パスデータ記憶装置83に記憶してある波長割当データに基づき光パスが設定されることとなる。

【0028】以上により、網内の光線路数をできるだけ低減可能な現用の光パスに対する波長割当を行える。予備の光パスに関しては、各光伝送路毎に任意に波長を割り当てる方式についてのみ網内の光線路数の効率的な低減を行うことができる。

【0029】

【発明が解決しようとする課題】このように従来の予備の光パス設定方法は、複数の予備の光パスを網内の各光伝送路に均等に収容することで、必要となる波長数を効率的に低減化可能であった。すなわち従来の予備の光パス設定方法では、現用および予備の光パスを最も多く収容する光伝送路内の収容パス数を低減することを目的関数としていた。

【0030】このため光クロスコネクタ装置を収容するノード数が多数の網、あるいはノード間の光パス需要が増大した網においては、必然的に光パスを最大に収容する光伝送路内の収容パス数は増大し、光パス網を構成するために使用可能な波長を多く準備する必要があるといった問題があった。

【0031】現状の光技術では、網内に使用可能な波長を多数確保することは、伝送特性や波長精度その他の制約を考慮すると困難である。使用可能な波長数が比較的小さい数に制限される場合には、多数の光パスを網内に収容するために、各光伝送路を複数の光線路で構成する必要がある。

【0032】波長数が制限され、各光伝送路を複数の光線路で構成した網における光パス設定では、光伝送路内の収容パス数が波長数の整数倍となる場合に、光線路が使用効率が最大となり伝送路コストを低減するとともに、結果として光クロスコネクタ装置の方路数も低減し、ノードコストの増大が抑えられる。先の図9に示す従来例では、例えば光伝送路内に多重可能な波長数を“2”とした場合には、予備の光パス71'は光伝送路33内の光線路56と光伝送路36内の光線路58と光伝送路34内の光線路57とに収容され、予備の光パス72'は光伝送路33内の光線路56と光伝送路38内

の光線路59と光伝送路41内の光線路60と光伝送路42内の光線路61内とに収容される。このように予備の光パスを網内に均等に収容した結果、例えば光線路34、36、38、41および42のように、光線路内の全ての波長を使いきれない光線路が増大する。すなわち、仮に現用の光パス設定を図10に示す手順のように光線路数が最小化するように行ったとしても、従来の予備の光パス設定手法では必ずしも光伝送路内の光パス数が波長数の整数倍となるような経路探索を行わないため、収容効率の低い光伝送路を多く生じ、網を構成するために必要となる光線路数が過度に大きくなる他、光クロスコネクト装置の方路数の増加を生じ、経済的に光パス網を構成することが困難であるという問題があった。

【0033】本発明は、このような背景に行われたものであり、網に準備可能な波長数が比較的少ない場合においても、複数の光線路から光伝送路の収容効率を下げることなく、かつ必要な光線路の総数をできるだけ低減し、同時に光クロスコネクト装置の規模を効率的に低減することにより、故障切替えを考慮した光パス網を経済的に構築することができる光パス設定方法を提供することを目的とする。本発明は、迅速な現用および予備の光パスを設定することができる光パス設定方法を提供することを目的とする。

【0034】

【課題を解決するための手段】例えば、特願平7-014334号に記載されている光パス収容方法による設定すべき全ての経路に対してノード間を接続する光線路の総数が最小となるよう最短距離で結ぶように光パスが設定されているとき、この光パスを現用として、任意の単一の光伝送路が故障した場合に障害を受ける現用を救済する予備の光パスを、光伝送路内の光線路数をできるだけ低減するよう設定する。また、光線路数をさらに低減するため、予備の光パスを再設定してもよい。

【0035】前記光伝送路に収容される光パス数と波長数の剰余を監視し、接続すべきノード間すなわち光伝送路故障により障害を受けた現用の始点・終端点間に、各光伝送路内の光パス数が波長数の整数倍となるように予備の光パスの経路を設定してもよい。これにより、剰余の大きい光伝送路を通りやすくするよう重み付けを伝送路距離とすることによって、各光伝送路内の光パス数が波長数の整数倍となるように予備の光パスの経路を設定することができる。

【0036】さらに、任意の光伝送路故障を考慮した各光伝送路内の光線路の最大値を低減する場合に、ある光伝送路故障に対応する予備のうちの1本を別経路に置き換えることである光伝送路の光線路数の最大値を低減可能か否かを判定する際に、他の光伝送路故障を仮定しなくとも済む再設定手順をとることで、計算の手間を増大させることなく予備の光パスの再設定を行うことができる。

【0037】このように本発明は、光パス制御装置により、光伝送路の組み合わせおよびこの光伝送路内を伝送する光信号の波長を制御し光パスを構成する。この光パス制御装置は、前記光伝送路に収容される光パス数と波長数の剰余を監視し、接続すべきノード間すなわち障害を受けた現用の始点・終端点間について光伝送路を組み合わせて光伝送路内の光パス数が波長数の整数倍となるように最短経路探索を用いて予備の光パス経路を設定する。これにより、この光伝送路故障に関してそれぞれの光伝送路内の光線路数を低減することが可能となる。これを全ての光伝送路の故障について行うことで、各光伝送路内で必要となる光線路数の最大値を低減することが可能となり、予備を考慮した場合に各光伝送路内に収容される光線路数を低減した光パス網を合理的に構成することが可能となる。

【0038】また、ある光伝送路故障に対応する予備の光パスの再設定を、全ての光伝送路故障を考慮しなくとも行えるため、計算の手間を大幅に増加させなくとも効率的に予備の光パスの再設定が行えるようになる。

【0039】すなわち、本発明は、光パスの切替接続を行う光クロスコネクト装置および光パスを終端する光パス終端装置がそれぞれ設けられた複数のノードをそれぞれが複数の光線路により構成された光伝送路により接続した波長多重光通信網内にノード間を接続する経路を設定する波長多重光通信網の光パス設定方法である。

【0040】ここで、本発明の特徴とするところは、前記光クロスコネクト装置を有するノード間を接続する光線路の総数の低減をはかるように設定された光パスを現用の経路として設定する第一のステップ(S21)と、この第一のステップにより設定された現用の経路について各光伝送路毎にそれぞれ一箇所ずつ故障が発生したものと想定し、それぞれの故障時にこの故障光伝送路内の全ての光線路内に収容されていた現用の迂回経路およびこの故障光伝送路を通過しない現用の経路の光パスを収容する光線路の総数が最小となる迂回経路を前記現用の経路の予備の経路として設定する第二のステップ(S22～S30)とを備えたところにある。

【0041】前記第二のステップは、各光伝送路毎に収容光パス数を多重可能波長数で割った剰余を求め、この剰余が零以外の値となる光伝送路ではその剰余の逆数をその光伝送路の伝送路距離とし、前記剰余が零となる光伝送路ではその光伝送路の収容光パス数をその光伝送路の伝送距離とする伝送路距離算出ステップ(S24)と、前記剰余が零以外の最小値をとる光伝送路を検索し、その検索された光伝送路を最大回通過する光パスの経路を検索する経路検索ステップ(S25)とを備えることが望ましい。

【0042】さらに、前記第二のステップにより設定された予備経路を初期の予備経路とするステップ(S31)と、一つの光伝送路の故障時の迂回経路を再設定し

て光クロスコネクタ装置間の光線路の総数を低減するとき、当該故障光線路以外の故障を考慮せずに光クロスコネクタ装置間の光線路の総数の低減をはかる予備の光パス再設定ステップ(S34~S48)とを備えることもできる。

【0043】また、一つの現用および予備の経路の始点から終点の間に同一の波長が割り当てられ、現用の経路およびこれに対応する予備の経路についてそれぞれ異なる波長割当を許容するときこの現用の経路および予備の経路の両端のノード内の光線路数を増大させない波長を検索するステップ(S56)を含むこともできる。

【0044】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図1を参照して説明する。図1は本発明実施例の光パス網を示す全体構成図である。

【0045】本発明は、光パスの切替接続を行う光クロスコネクタ装置11~19および光パスを終端する光パス終端装置21~29がそれぞれ設けられた複数のノードをそれぞれが複数の光線路51~60により構成された光伝送路31~42により接続した波長多重光通信網内にノード間を接続する経路を設定する波長多重光通信網の光パス設定方法である。

【0046】ここで、本発明の特徴とするところは、光クロスコネクタ装置11~19を有するノード間を接続する光線路51~60の総数の低減をはかるように設定された光パス71および72を現用の経路として設定する第一のステップと、この第一のステップにより設定された現用の経路について各光伝送路31~42毎にそれぞれ一箇所ずつ故障が発生したものと想定し、それぞれの故障時にこの故障光伝送路内の全ての光線路51~60内に収容されていた現用の迂回経路およびこの故障光伝送路を通過しない現用の経路の光パスを収容する光線路51~60の総数が最小となる迂回経路を前記現用の経路の予備の経路として設定する第二のステップとを備えたところにある。

【0047】

【実施例】

(第一実施例) 本発明第一実施例を図1および図2を参照して説明する。図2は本発明第一実施例の光パス設定手順を示すフローチャートであり、図10に示す特願平7-014334号に記載された光パス収容方法を用いて収容された光パス網を現用の光パス網として、この光パス網の各光伝送路においてそれぞれ一箇所ずつ故障が発生したものと仮定した場合に障害を受ける現用の光パスに対する予備の光パスを設定する手順である。

【0048】本発明は、それぞれ波長多重された光信号の入出力方路をその波長毎にそれぞれ設定する光クロスコネクタ装置11~19ならびに光パスの終端を行う光パス終端装置21~29からなるノードを複数備え、それぞれ複数の光線路51~60を収容しノード間を接続

する光伝送路31~42を備え、この光伝送路31~42の組み合わせおよびこの光伝送路31~42内の光線路51~60を伝送する光信号の波長を制御し光パスを構成する光パス制御装置81とを備えた光通信網である。

【0049】光パス制御装置81の制御部82は所望の光パス設定要求が入力されると、図10の光パス網構成方法(S71~S74)に基づいて現用の光パス網を構成し、各光パスの経路データを光パスデータ記憶装置83に記憶する(S21)。ここでは、図1に示すとおり、光線路内に多重可能な波長数が“2”に制限され、ノード1と2との間に1本、ノード1と9との間に1本の現用の光パスが設定された場合を考える。例えば、設定される各現用の光パスは、通過する光伝送路数が最小となるような経路で設定されるという条件を課した場合には、図1に示す光パス71および72の経路が網内で必要となる光線路数を最小にする経路となる。すなわち、光パス71は光伝送路31を通過するように設定され、光パス72は光伝送路31、32、35および40を通過するように設定される。

【0050】制御部82は、ある一つの光伝送路故障を仮定し、この故障光伝送路に収容される現用の光パスを全て検索する(S22)。ここでは光伝送路31の故障が仮定され、光伝送路31を通過する2本の現用の光パス71および72が選択されたものとする。

【0051】制御部82は、全ての検索された現用のパスを網内からいったん取り去り、各光伝送路が収容する光パス数データを更新し、光パスデータ記憶装置83に記憶する(S23)。ここでは現用の光パス71および72が網内からいったん除去されるため、各光伝送路が収容する現用光パス数はいずれも零となる。

【0052】制御部82は、この故障光伝送路以外の光伝送路について、光パス数とこの光伝送路の故障に対応し既に設定済みの予備の光パス数の和を波長多重数で割った剰余を算出し、剰余が零でない光伝送路については剰余の逆数を、剰余が零でありかつ収容する現用と予備のパス数の和が零でない光伝送路については前記パス数の和を、剰余が零でありかつ収容する現用と予備のパス数の和も零である光伝送路については光伝送路内に多重可能な波長数程度の任意の数値を光伝送路距離として、光パスデータ記憶装置83に記憶する(S24)。すなわち、剰余の大きい伝送路を通りやすくする重み付けを伝送路距離とする。ここでは、S23の結果、網内に現用のパスは存在せず、かつ光伝送路31の故障に対応する予備の光パスのうち設定済みの光パスも存在しないため、いずれの光伝送路の収容パス数も零となり、したがってそれらの光伝送路距離は波長多重数と同程度の値である“2”と定める。

【0053】制御部82は、前記光伝送路距離に基づいて最短経路探索を行い障害を受けた現用に対する予備の

光バスを設定する(S25)。なお、経路探索はこの故障光伝送路以外の光伝送路を用いて行う。ここでは、最初に光バスクロスコネク装置1と2との間に設定されていた現用の光バス71に対する予備の光バス71'が図1に示すとおり設定されたものとする。すなわち、予備の光バス71'は光伝送路33、36および34を通過するように(距離=2+2+2)設定される。

【0054】制御部82は、S25で設定された予備の光バス経路に沿って、収容バス数データを更新し光バスデータ記憶装置83に記憶する(S26)。ここでは、光伝送路33、36、34の収容バス数がそれぞれ“1”となる。

【0055】制御部82は、他に設定すべき予備の光バスが存在するか否かを判定し、存在する場合にはS24を再び実行する(S27)。ここでは光バスクロスコネク装置1と9との間に設定されていた現用の光バス72に対する予備の光バスを設定していないため、S24～S26が再度実行される。再度実行されるS24において、光伝送路33、36、34の距離はそれぞれ

“0.5”に更新される。その結果、現用の光バス72に対する予備の光バス72'が図1に示すとおり設定される。すなわち、予備の光バス72'は、光伝送路33、36、39、42を通過するように(距離=0.5+0.5+2+2)設定される。

【0056】制御部82は、残存の現用および設定された予備の光バスを収容するために必要となる光線路数を各光伝送路毎に算出し、光バスデータ記憶装置83に記憶する(S28)。ここでは光線路内に多重可能な波長数が“2”であるため、光伝送路33において予備の光バス71'および72'を光線路56に、光伝送路36において予備の光バス71'および72'を光線路58に、光伝送路34において予備の光バス71'を光線路57に、光伝送路39において予備の光バス72'を光線路59に、光伝送路42において予備の光バス72'を光線路60にそれぞれ収容することで、これらの光伝送路が必要となる光線路数は1本となる。

【0057】制御部82は、他に故障を仮定していない光伝送路が存在するか否かを判定し、存在する場合にはS22を再び実行する(S29)。ここでは光伝送路31以外の故障を仮定していないが、光伝送路33、34、36、37、38、39、41、42に関しては、現用の光バスを1本も収容していないため故障を仮定する必要はない。残りの光伝送路32、35および40に関しては、いずれの故障によっても障害を受ける現用は光バス72のみである。前述のS22～S28の手順によって、いずれの光伝送路故障に対しても図1に示す予備の光バス72'と同一の光バス経路が選択されたものとすれば、これらの光伝送路故障時に予備の光バス72'が通過する光伝送路で必要となる光線路数は1本となる。なお、これら異なる光伝送路故障に対する特定の

現用バスに対する予備バスは、本例のように必ずしも全て同一経路で設定される必要はなく、一般にある現用の光バスは自身の通過光伝送路の故障箇所毎に異なる予備の光バスをもつことができる。

【0058】制御部82は、各光伝送路毎に任意の光伝送路故障を考慮した所要光線路数の最大値をそれぞれ光伝送路に必要な光線路数として光バスデータ記憶装置83に記憶する(S30)。ここでは現用の光バスが関与するいずれの光伝送路故障に対しても、予備の光バスが通過する光伝送路33、36、39、42の所要光線路数は1本であるため、これらの光伝送路には高々1本の光線路を用意すれば、任意の光伝送路故障を救済することが可能である。

【0059】このようにして、各光伝送路31～42において包含する光線路数の低減をはかるため、結果として光クロスコネク装置の方路数も低減できる。本例では、予備の光バス71'および72'を網内に均等に設定するのではなく、各光線路の収容効率が高まるように設定することで、図9に示す従来例の場合と比較して光伝送路41を通過することなく予備の光バス72'を設定するため、結果として網内の総光線路数は“1”低減される。

【0060】ここで上記の手順を用いて、現用の光バス71および72と予備の光バス71'および72'を構成しても光線路数ならびに光クロスコネク装置規模低減の効果は得られるが、予備の光バスを再設定する手順を追加して、網内の光線路数ならびに光クロスコネク装置規模をさらに低減することも可能である。

【0061】(第二実施例)次に、本発明第二実施例として予備の光バスを再設定する手順を図3ないし図5を参照してさらに説明する。図3は本発明第二実施例の光バス網を示す図であり、図4は、本発明第二実施例を補足説明する図であり、図5および図6は本発明第二実施例における光バス網の各光伝送路においてそれぞれ一箇所ずつ故障が発生したものと仮定した場合に障害を受ける現用の光バスに対する予備の光バスの再設定手順を示すフローチャートである。

【0062】図3の光バス網は、現用の光バス71～74が設定されており、各光伝送路においてそれぞれ一箇所ずつ故障が発生したものと仮定して障害を受ける前記各現用の光バスを救済する予備バスデータが保持されている状態を表す。現用の光バス71は光伝送路31、34、39を経由する経路で設定されており、光伝送路33、38、41を経由する予備の光バス71'を持つ。現用の光バス72は光伝送路31、32、35、40を経由する経路で設定されており、光伝送路33、38、41、42を経由する予備の光バス72'を持つ。現用の光バス73は光伝送路33を経由する経路で設定されており、光伝送路31、34、36を経由する予備の光バス73'を持つ。現用の光バス74は光伝送路38を

經由する経路で設定されており、光伝送路36、39、41を經由する予備の光パス74'を持つ。なお、ここでは簡単のため、各現用の光パスは通過する光伝送路のうちいずれが故障しても同一の予備の光パスが割当てられているが、一般には故障箇所毎に異なる予備の光パスが割当てられる。また、以下では光伝送路内に収容される光線路内に多重可能な波長数を“2”とするが、各光伝送路毎に任意の波長割当てを行うため、各光伝送路で必要となる光線路数は収容する光パス数と波長数で容易に決まるため、また、切替えの前後で障害を受け現用を網から取り除くことで解放される光線路内の空き波長を予備の光パスが使用するなど収容状態が変化するため、

| 光伝送路 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 光線路数 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |

例えば、図3では光伝送路41には3本の予備の光パス71'、72'、74'が収容されているが、これら3本が単一の光伝送路故障において同時に起動されることはなく、高々2本しか起動されないため、2波長多重ならば1本の光線路で済む。

【0065】図5に示すように、制御部82は、ある光伝送路故障(番号I)を仮定し、光伝送路Iに収容される現用に対する初期の予備の光パスに切替える(S31)。ここでは光伝送路31の故障を仮定し、図4中に示す切替えが行われたものとする。

【0066】制御部82は、光伝送路Iの故障に際し各光伝送路iが収容する現用の光パス数および予備の光パス数の和を光パスデータ記憶装置83に記憶する(S32)。光伝送路31の故障の場合、残存する各光伝送路

簡単のため光線路の図示を省略してある。

【0063】図3に示す光パス網は、網内に故障が発生したとき、制御部82は制御信号リンク84を介して各ノードに信号を送り、故障箇所の違いによって図4に示すような切替えを行う。図4において、実線は故障の影響を受けずに残存する現用の光パスを、破線は障害を受けた現用に対する予備の光パスを表す。この結果、初期の光パス網における各光伝送路内の所要光線路数は、本発明第一実施例の手順である図2のS30により、以下のように求められる。

【0064】

【表1】

の光パスの収容数は、光伝送路33が3本、光伝送路38が3本、光伝送路41が2本、光伝送路42が1本となる。

【0067】制御部82は、他に故障を仮定していない光伝送路が存在するか否かを判定し、存在する場合にはS31を再び実行する(S33)。光伝送路31以外の故障についても同様の手順を実行した結果、次表に示す収容パス数データが光パスデータ記憶装置83に記憶されることとなる。ただし、現用の光パスが収容されていない光伝送路36、37、41および42に関しては故障を仮定する必要はない。

【0068】

【表2】

光伝送路の収容パス数

| | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31 | - | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| 32 | 1 | - | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 33 | 3 | 1 | - | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 34 | 1 | 1 | 2 | - | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 35 | 1 | 0 | 2 | 1 | - | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 38 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | - | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 39 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | - | 1 | 1 | 0 |
| 40 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | - | 1 | 1 |

(表中、行は故障箇所を、列は各光伝送路の光パス収容数を表す)

制御部82は、各光伝送路iについて、複数の異なる光伝送路故障に対して得られる収容パス数の中から最大の値 $W_1(i)$ とその次に大きな値 $W_2(i)$ とを求め、光パスデータ記憶装置83に記憶する(S34)。例えば光伝送路31については、 $W_1=3$ 、 $W_2=2$ であり、光伝送路35については、 $W_1=1$ 、 $W_2=0$ である。いずれの光伝送路故障に対しても、光パス収容数が等しくなる光伝送路(本例では、光伝送路37)については、前記値を求める必要はない。

【0069】制御部82は、各光伝送路iが何箇所の光

伝送路故障に対し最大の光線路数(= W_1)を必要とするか否かを検索し、その故障箇所数を $c(i)$ として光パスデータ記憶装置83に記憶する(S35)。例えば、光伝送路31については、光伝送路33の故障に対してのみ光パス収容数が最大となるため、 $c(31)=1$ であり、光伝送路35については、光伝送路33、34、38、39の故障に対して光パス収容数が最大となるため、 $c(35)=4$ となる。

【0070】以下では、制御部82は $c(i)=1$ の光伝送路について、光伝送路の光パス収容数を最大にする

光伝送路故障時に光伝送路 i を通過する予備の光パスを別経路に再設定することで $W_1(i)$ の値の低減化を図り、結果として光伝送路 i の所要光線路数の低減をはかる。

【0071】制御部82は、 $c(i) = 1$ となる光伝送路、すなわち特定の単一光伝送路故障に対してのみ所要光線路数が最大となる光伝送路を検索し、そのうちの一つの光伝送路故障を仮定する(S36)。以下、光伝送路 i 収容数を最大にする唯一の光伝送路番号を $J(i)$ と表記することにする。ここでは、光伝送路31、33、34、38、39、41に対する前記 $c(i)$ の値が“1”であり、 $J(31) = 33$ 、 $J(33) = 31$ 、 $J(34) = 33$ 、 $J(38) = 31$ 、 $J(39) = 38$ 、 $J(41) = 31$ となるため、例として $J(38)$ 故障、すなわち光伝送路31の故障を仮定する。

【0072】制御部82は、光伝送路 $J(i)$ 故障用の予備の光パスを励起し、このうち光伝送路 i を通過する予備の光パスを検索し、再設定すべき予備の光パスとする(S37)。すなわち、所要光線路数の低減をはかる光伝送路 i に対し、この光伝送路の所要光線路数を最大にする光伝送路故障 $J(i)$ を仮定し、対応する予備の光パスのうち光伝送路 i をその経路に含むものを再設定候補とする。ここでは光伝送路31の故障を仮定しているため、図4(a)に示す機動中の予備の光パス群のう

| 光伝送路番号 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|--------|----------|----|----|----|----|----|----------|----------|----|----|----|----|
| 収容光パス数 | - | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 光伝送路距離 | ∞ | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | ∞ | ∞ | 1 | 1 | 1 | 1 |

光伝送路31は故障している光伝送路であり、光伝送路37は光線路を収容しておらず、光伝送路38は光線路数の低減をはかる光伝送路であるため、それぞれ光伝送路距離は無限大となる。光伝送路32、34、35、36、39、40、42は、光線路を収容しているものの光伝送路31故障時には収容光パス数が零であるため、光線路数(いずれも1)と等しい値が伝送路距離となる。光伝送路33は、2本の光パスを収容しており、これを波長数で割った剰余が零であるため、光伝送路距離は任意の波長数程度の値(=2)となる。光伝送路距離は、1本のパスを収容しており、これを波長数で割った剰余が“1”であるため、光伝送路距離はその逆数(=1)となる。

【0076】制御部82は、前記光伝送路距離を用いて、最短経路探索により予備の光パスを再設定する(S40)。ここでは予備の光パス72'は、光伝送路3

ち、71'および72'が光パス収容数の低減をはかる光伝送路38に収容されているため、これらが再設定候補となる。

【0073】制御部82は、S37で検索された再設定候補のうち1本の予備の光パスを網内から除去し、各光伝送路の収容パス数データを更新し、光パスデータ記憶装置83に記憶する(S38)、ここでは予備の光パス72'を網内から取り除いたものとする。

【0074】制御部82は、光線路の低減をはかる光伝送路 i および光線路を1本も収容していない全ての光伝送路を通過断(光伝送路距離を無限大と置く)とする。光伝送路 i 故障仮定時に収容光パス数が零の光伝送路については収容する光線路数を光伝送路距離と置く、光伝送路 i 故障仮定時に収容パス数が零でない光伝送路については、光パス収容数を波長数で割った剰余の逆数を算出し、剰余が零でない光伝送路に対しては剰余の逆数を、剰余が零である光伝送路に対しては波長多重程度度の任意の値を光伝送路距離として光パスデータ記憶装置83に記憶する(S39)。ここでは、光伝送路31故障時で予備の光パス72'を除去したため、各光伝送路の収容光パス数と光伝送路距離は以下ようになる。

【0075】

【表3】

3、36、39、42を経由するように再設定される(光パス75'、距離=2+1+1+1)。

【0077】図6に示すように、制御部82は、有限の距離を持つ経路が探索されたかを判定し、存在する場合にはS42を、存在しない場合にはS46を実行する(S41)。ここでは光パス75'の距離は有限(=5)であるため、S42を実行する。

【0078】制御部82は、新たに設定された経路にしたがい、各光伝送路の収容パス数データを更新し、所要光線路数を算出する(S42)。本例において光パス75'が新たに設定されたとき、各光伝送路の収容パス数ならびに光伝送路31故障時の所要光線路数(A)ならびにS36～S40実行前の任意の単一光伝送路故障を考慮した光線路数(B)は、

【0079】

【表4】

| 光伝送路番号 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 収容光パス数 | - | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 光線路数(A) | - | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 光線路数(B) | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |

ようになる。制御部82は、S38～S40を実行す

ることで、光伝送路 i 以外の全ての光伝送路において光

線路数の増加が起こらなかったか否かを判定する(S43)。ここでは、前記光線路数(A)と光線路数(B)とを比較することで、光伝送路38を除く光伝送路では光線路数の増加はない。

【0080】制御部82は、光伝送路J故障時の光伝送路iの新規の所要光線路数($=W_1(i)-1$)が $W_2(i)$ 以上であるか否かを判定する(S44)。ここでは、光伝送路38の新たな所要光線路数は“2”であり、 $W_2(38)$ と等しい(+2)であるため前記条件を満足している。

【0081】制御部82は、S43およびS44の分岐をいずれも満たしている場合には、再設定された予備の光バスを新規のバスとして採用するとともに $W_1(i)$ の値を“1”低減する(S45)。そうでなければ再設定前の元の予備の光バスに戻すとともに、光バス収容数データを修正して光バス記憶装置83に記憶する(S46)。ここでは、S43とS44の条件をいずれも満たしているため、 $W_1(38)=3-1=2$ となる。

【0082】制御部82は、他に再設定すべき予備の光バス候補が存在するか否かを判定し、存在する場合にはS37~S46を再び実行する(S47)。ここでは、予備の光バス71'をまだ再設定していないためS37に戻るが、予備の光バスは別経路に再設定はされない。

【0083】制御部82は、他に故障を仮定していない $c(i)=1$ の光伝送路が存在するか否かを判定し、存在する場合にはS35を再び実行する(S48)。ここでは他に光伝送路33、34、38、39、41に関する $c(i)$ が“1”であり、これらについて上記と同様の手順が施される。

【0084】以上の手順で、最終的に得られる $W(i)$ が各光伝送路で、任意の単一光伝送路を考慮した場合に必要な光線路数となる。

【0085】(第三実施例)次に、本発明第三実施例を図7および図8を参照して説明する。本発明第三実施例は、現用および予備の経路に対する波長割当を始点・終点間で同一とする波長割当を用いることを前提とする。図7は本発明第三実施例を説明するための光バス網の全体構成図である。図8は本発明第三実施例の動作を示すフローチャートである。本発明第三実施例は、それぞれ波長多重された光信号の入出力方路をその波長毎にそれぞれ設定する光クロスコネクタ装置11~19および光バスの終端を行う光バス終端装置21~29および電気バスクロスコネクタ装置21'~29'からなるノードを複数備え、それぞれ複数の光線路51~64を収容しノード間を接続する光伝送路31~42を備え、この光伝送路31~42の組み合わせおよびこの光伝送路31~42内の光線路51~64を伝送する光信号の波長を

制御し光バスを構成する光バス制御装置81とを備えた光通信網であり、ある現用の光バスと対応する予備の光バスの波長割当が必要に応じて異なってもよいことを特徴とする光バス網である。ここでは光線路に多重可能な波長数を“2”とし、そのうちの波長の一つを λ_1 とし、もう一つの波長を λ_2 とする。

【0086】はじめ図7の光バス網は、本発明第一および第二実施例の手順を用いて現用および予備の光バスの経路と波長が定められているものとする。すなわち、現用の光バス71の経路は光伝送路31を通過するように設定され、それに対する予備の光バス71'は光伝送路33、36および34を通過するように設定され、現用の光バス72は光伝送路31および32を通過するように設定され、それに対する予備の光バス72'は光伝送路33、36、37および35を通過するように設定され、現用の光バス73は光伝送路31および33を通過するように設定され、それに対する予備の光バス73'は光伝送路34および36を通過するように設定され、現用の光バス74は光伝送路32、35および40を通過するように設定され、それに対する予備の光バス74'は光伝送路34、39および42を通過するように設定されているものとし、現用の光バス71および予備の光バス71'には λ_1 が割当てられ、現用の光バス72および予備の光バス72'には λ_2 が割当てられ、現用の光バス73および73'には λ_1 が割当てられ、現用の光バス74および予備の光バス74'には λ_1 が割当てられているものとする。なお、ここでは簡単のためそれぞれの現用の光バスは予備の光バスを一本ずつ持っており、かつ、予備の光バスと現用の光バスとは通過する光伝送路を一本も共有することなく設定されていたものとするが、一般には単一の光伝送路故障の切替えを考える場合には、一本の現用の光バスは通過する光伝送路の数と等しい数だけ予備の光バスを持つことができる。

【0087】図8の手順は、図5および図6に記載の光バス収容方法を用いて経路設定・波長割当てされた予備の光バスに対し、この予備の光バスの始点および終端点ノード内で光バスクロスコネクタ装置と光バス終端装置との間を接続するために必要となる光線路数を増加させないような任意の共通の波長を選んでこの予備の光バスに割当て、光伝送路内の光線路数、すなわち光バスクロスコネクタ装置間を接続する光線路数の低減をはかる手順を示している。図7の光バス網では、各光伝送路は現用の光バス網の収容と単一の光伝送路故障の救済に対して次表に示す光線路数が必要である。

【0088】

【表5】

| 光伝送路番号 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 光伝送路31故障 | - | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 光伝送路32故障 | 2 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 光伝送路33故障 | 2 | 1 | - | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 光伝送路35故障 | 2 | 1 | 1 | 1 | - | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 光伝送路40故障 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | - | 0 | 1 |

ここでは、現用の光パスの収容に関与しない光伝送路34、36、37、38、39、41および42の故障は考慮しなくてよい。この結果、任意の単一光伝送路故障を救済するために各光伝送路が必要とする光線路数は次

表のようになる。

【0089】

【表6】

| 光伝送路 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 所用光線路数 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

また、各ノード内において、光バスクロスコネクタ装置と光バス終端装置との間を接続する光線路数は次表のようになる。

【0090】

【表7】

| ノード | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 光線路数 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

制御部82は、各光伝送路*i*について、複数の異なる光伝送路故障に対して得られる所要光線路数の中から最大の値 $W_1(i)$ とその次に大きな値 $W_2(i)$ とを求め、光バスデータ記憶装置83に記憶する(S51)。例えば光伝送路31については、 $W_1 = 2$ 、 $W_2 = 1$ であり、光伝送路37については、 $W_1 = 1$ 、 $W_2 = 0$ である。いずれの光伝送路故障に対しても、光バス収容数が等しくなる光伝送路(本例では、光伝送路34、35、38および41)については、前記値を求める必要はない。

【0091】制御部82は、各光伝送路*i*が何箇所の光伝送路故障に対して最大の光線路数(= W_1)を必要とするかを検索し、その故障箇所数を $c(i)$ として光バスデータ記憶装置83に記憶する(S52)。例えば、光伝送路33については、光伝送路31の故障に対してのみ光バス収容数が最大となるため、 $c(31) = 1$ であり、光伝送路37については、光伝送路31および32の故障に対して光バス収容数が最大となるため、 $c(37) = 2$ となる。

【0092】以下では、制御部82は $c(i) = 1$ の光伝送路について、光伝送路の光バス収容数を最大にする光伝送路故障時に、光伝送路*i*を通過する予備の光バスを別経路に再設定することで、 $W_1(1)$ の値の低減化をはかり、結果として光伝送路*i*の所要光線路数の低減をはかる。

【0093】制御部82は、 $c(i) = 1$ となる光伝送路、すなわち特定の単一光伝送路故障に対してのみ所要光線路数が最大となる光伝送路を検索し、そのうちの一つの光伝送路故障を仮定する(S53)。以下、光伝送

路*i*収容数を最大にする唯一の光伝送路番号を $J(i)$ と表記することにする。ここでは、光伝送路33および36に対する前記 $c(i)$ の値が“1”であり、 $J(33) = 31$ 、 $J(36) = 31$ となるため、例として $J(34)$ 故障、すなわち、光伝送路31の故障を仮定する。以下では光伝送路34の所要光線路数の低減をはかることとなる。

【0094】制御部82は、光伝送路 $J(i)$ 故障用の予備の光バスを起動し、このうち光伝送路*i*を通過する予備の光バスを検索し、再設定すべき予備の光バスとする(S44)。すなわち、所要光線路数の低減をはかる光伝送路*i*に対し、この光伝送路の所要光線路数を最大にする光伝送路故障 $J(i)$ を仮定し、対応する予備の光バスのうち光伝送路*i*をその経路に含むものを再設定候補とする。ここでは光伝送路31の故障を仮定しているため、図7に示す起動中の予備の光バス群のうち、71'および73'が光バス収容数の低減をはかる光伝送路34に収容されているため、これらが再設定候補となる。

【0095】制御部82は、S54で検索された再設定候補のうち一本の予備の光バスを網内から除去する(S55)。ここでは予備の光バス73'を網内から取り除くものとする。

【0096】制御部82は、S55で網内から除去された予備の光バスの始点および終点のノード内の光バスクロスコネクタ装置と光バス終端装置との間を接続する光線路数を増大させない波長を検索する(S56)。ここでは予備の光バスの始点・終点はノード2およびノード4である。ノード2においては λ_1 を3回終端するためには3本の光線路が必要であり、これら3本の光線路内に予備の光バス73'に割当てられていた λ_1 が1波と、 λ_2 が3波未使用であり、ノード4においては λ_1 を1回終端するために1本の光線路が必要であり、この光線路内に予備の光バス73'に割当てられていた λ_1 が1波と λ_2 が1波未使用であるため、始点・終点のノード内の光線路数を増大させない共通の波長として、 λ_1 と λ_2 が選択される。

【0097】制御部82は、網内の光線路数を光伝送路 i については $W_1(i)-1$ 本、他の光伝送路 i' については光伝送路 $J(i)$ 故障のみを考慮した光線路数とした場合に、S55で取り除かれた予備の光パスの始点・終点ノード間に、S56で検索された波長を用いて予備の光パスを設定可能か探索し(S57)、設定可能であればS58を実行し、設定不能であればS60を実行

する。ここではS56で検索された波長のうち λ_1 を用いることとすると、S57の光線路数条件は次表の通りとなり、光伝送路34の所用光線路数を低減可能な光パスを設定することは不可能であるため、S60を実行することとなる。

【0098】

【表8】

| 光伝送路 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 光線路数 | - | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

制御部82は、S57で新たな予備の光パスを設定可能な場合に、光伝送路 i の新規の所用光線路数(= $W_1(33)-1$)が $W_2(33)$ 以上であるかを判定し(S48)、真であれば探索された光パスを新たな予備の光パスとして採用し、 W_1 を“1”低減して光パスデータ記憶装置83に記憶し(S59)、偽であればS57で除去された予備の光パスを復旧する(S61)。ここではS57で新たな予備の光パスを設定できなかったため、S58は実行されない。

【0099】制御部82は、S57で新たな予備の光パスが設定不可能な場合には、S56で他に検索された波長があるか否かを判定し(S60)、真ならばS57に戻ってその波長で新たな予備の光パスを設定可能か探索し、偽ならばS55で除去された予備の光パスを復旧する。ここではS46で λ_2 も検索されているため、S57を実行する。その結果、除去された予備の光パス73'の始点・終点(ノード2およびノード4)間に新たな光パス73''が探索される。光パス73''は波長割当てを λ_2 とすることで、この場合通過する光伝送路の変更を伴わずに光線路数の低減をはかる光伝送路34の光線路数を低減可能である。すなわち、光伝送路34では使用されていない光線路57内の λ_2 を再利用することで、光線路56内の λ_1 が1波解放され、これにより光線路56内では λ_1 と λ_2 とが1波ずつ未使用状態となるので光線路56を1本削除でき、光伝送路36では光線路59内の未使用の λ_2 を再利用することで光線路数の増大は起こらない。さらに $W_1-1=W_2=1$ であるため、S58は真となり、この光パス73''は予備の光パス73'に替わって新規の予備の光パスとして採用される。このとき、現用の光パス73から新規の予備の光パス73''への実際の切替えは、この現用の光パスの始点・終点ノードであるノード2およびノード4において、現用の光パス73に多重される電気バス(例えばVPその他)をそれぞれの電気バスクロスコネクタ装置22'および24'を介して所望の波長 λ_2 のレーザを駆動して各光バスクロスコネクタ装置12および14に送信することにより実現される。

【0100】制御部82は、他に再設定すべき予備の光パス候補が存在するか否かを判定し、存在する場合にはS55~S59を再び実行する(S62)。ここでは他

に再設定すべき予備の光パス71'があるため再びS55を実行する。

【0101】制御部82は、他に故障を仮定していない $c(i)=1$ の光伝送路が存在するか否かを判定し、存在する場合にはS53を再び実行する(S63)。ここでは、 $c(31)=1$ であるためS43に戻り、引き続いて予備の光パスの再設定を行う。

【0102】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、網に準備可能な波長数が制限された場合において、故障切替えを考慮した場合の光伝送路内の収容パス数を波長数の整数倍とすることで光線路の使用効率を高め、結果として網内に必要となる光線路数の低減を達成し、光クロスコネクタ装置の方路数を効率的に低減することができ、これにより光パス網に用意すべきノードの規模を低減し、経済的に光パスを収容することが可能となる。また、迅速に現用および予備の光パスを設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の光パス網の全体構成図。

【図2】本発明第一実施例の光パス設定手順を示すフローチャート。

【図3】本発明第二実施例の光パス網の全体構成図。

【図4】本発明第二実施例を補足説明する図。

【図5】本発明第二実施例の予備の光パスの再設定手順を示すフローチャート。

【図6】本発明第二実施例の予備の光パスの再設定手順を示すフローチャート。

【図7】本発明第三実施例を説明するための光パス網の全体構成図。

【図8】本発明第三実施例の動作を示すフローチャート。

【図9】従来例の光パス網の全体構成図。

【図10】従来例の現用光パスを設定する手順を示すフローチャート。

【図11】従来例の予備の光パスを初期設定する手順を示すフローチャート。

【図12】従来例の現用および予備の光パスを再設定する手順を示すフローチャート。

【図13】現用の光パスに対する波長割当てを始点・終点

間で同一とする従来例を説明するための光バス網の全体構成図。

【図14】現用の光バスに対する波長割当を始点・終点間で同一とする手順を示すフローチャート。

【符号の説明】

1～9 ノード

11～19 光クロスコネクタ装置

21～29 光バス終端装置

21'～29' 電気バスクロスコネクタ装置

31～42 光伝送路

51～66 光線路

71～75 現用光バス

71'～75' 予備光バス

81 光バス制御装置

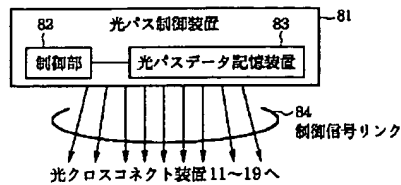
82 制御部

83 光バスデータ記憶装置

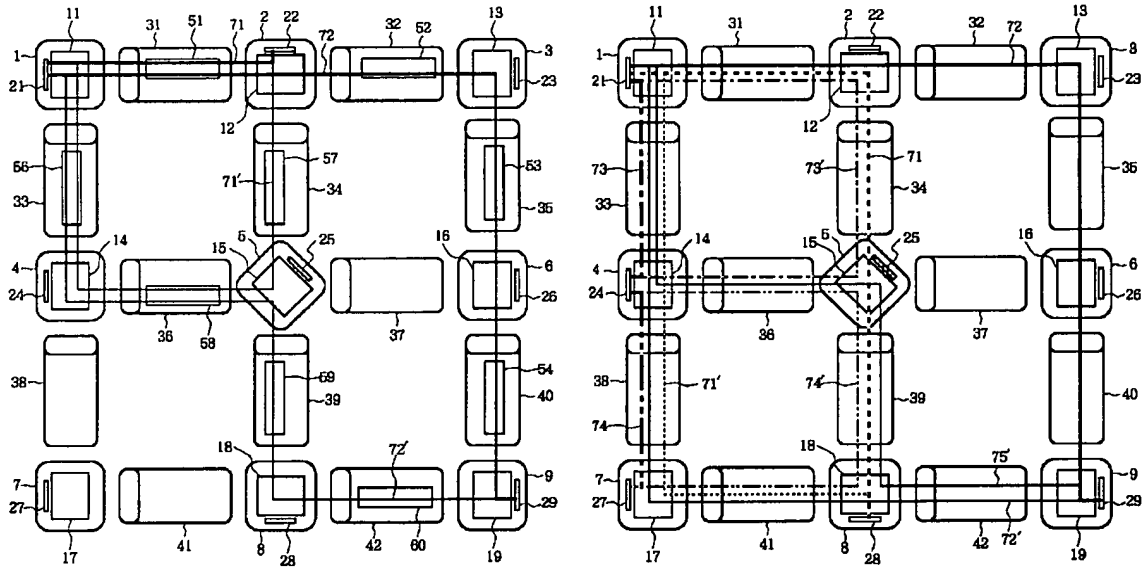
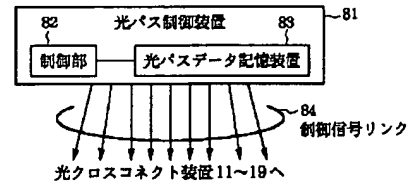
84 制御信号リンク

85、86 電気バス

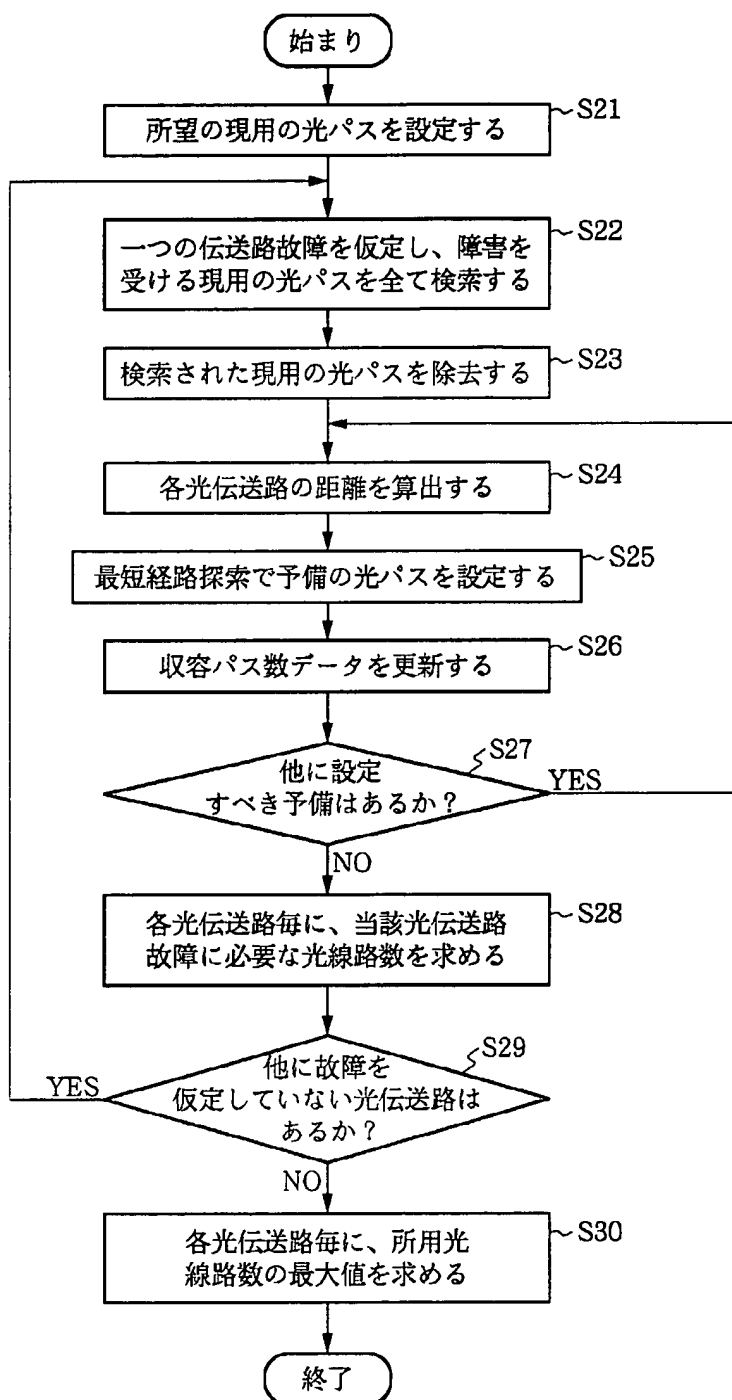
【図1】



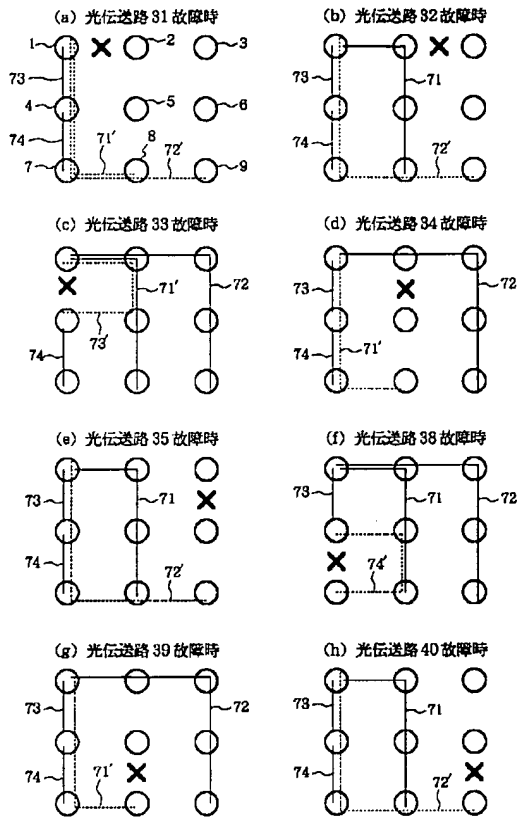
【図3】



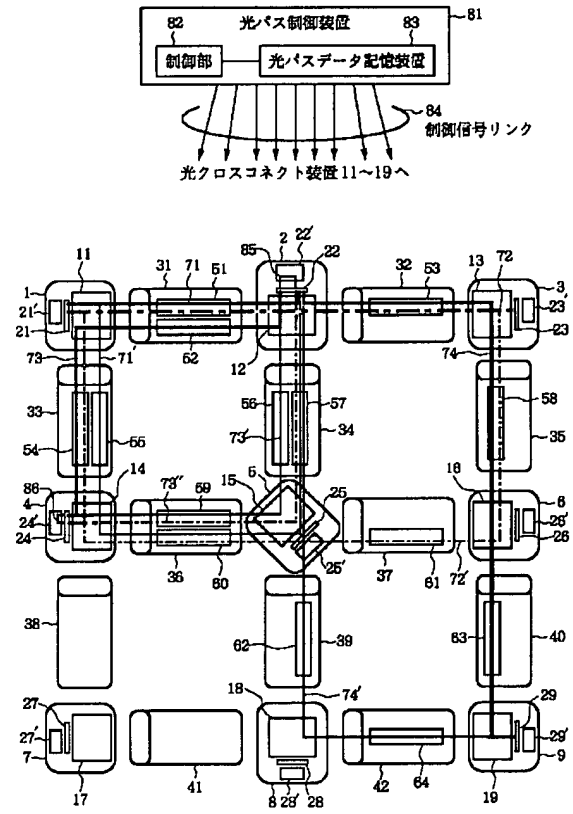
【図2】



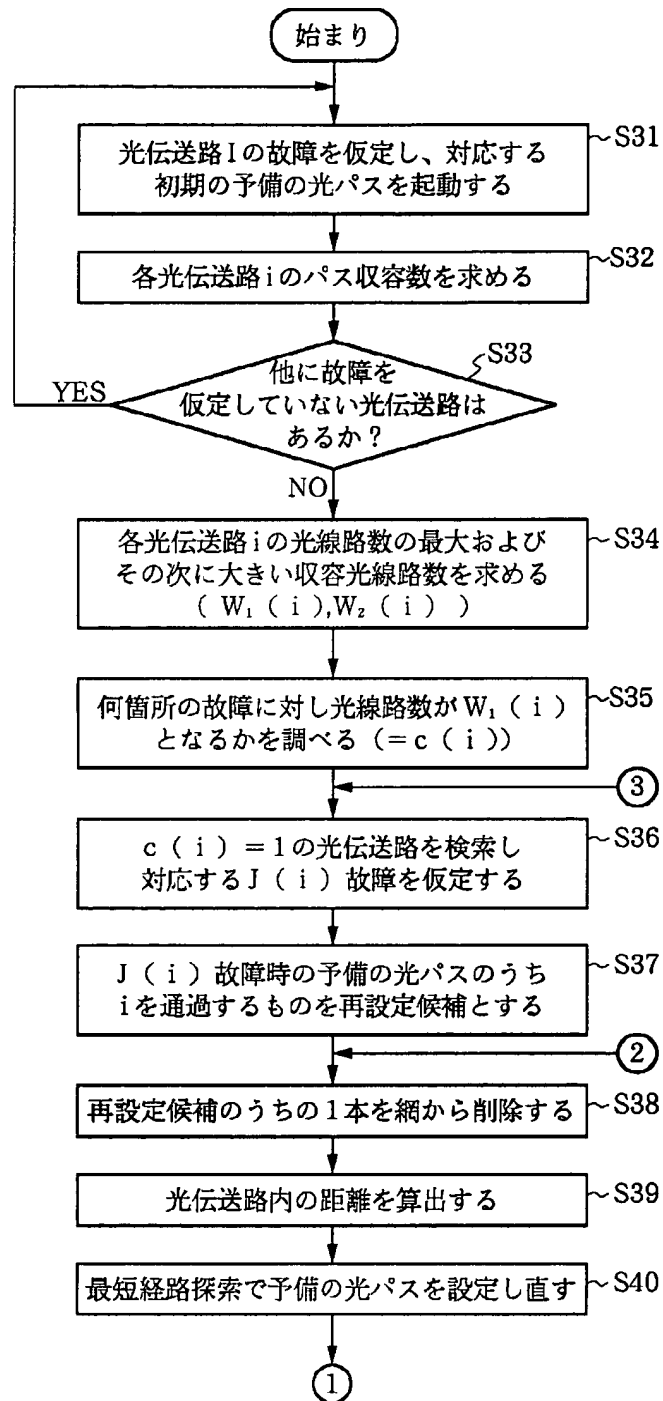
【図4】



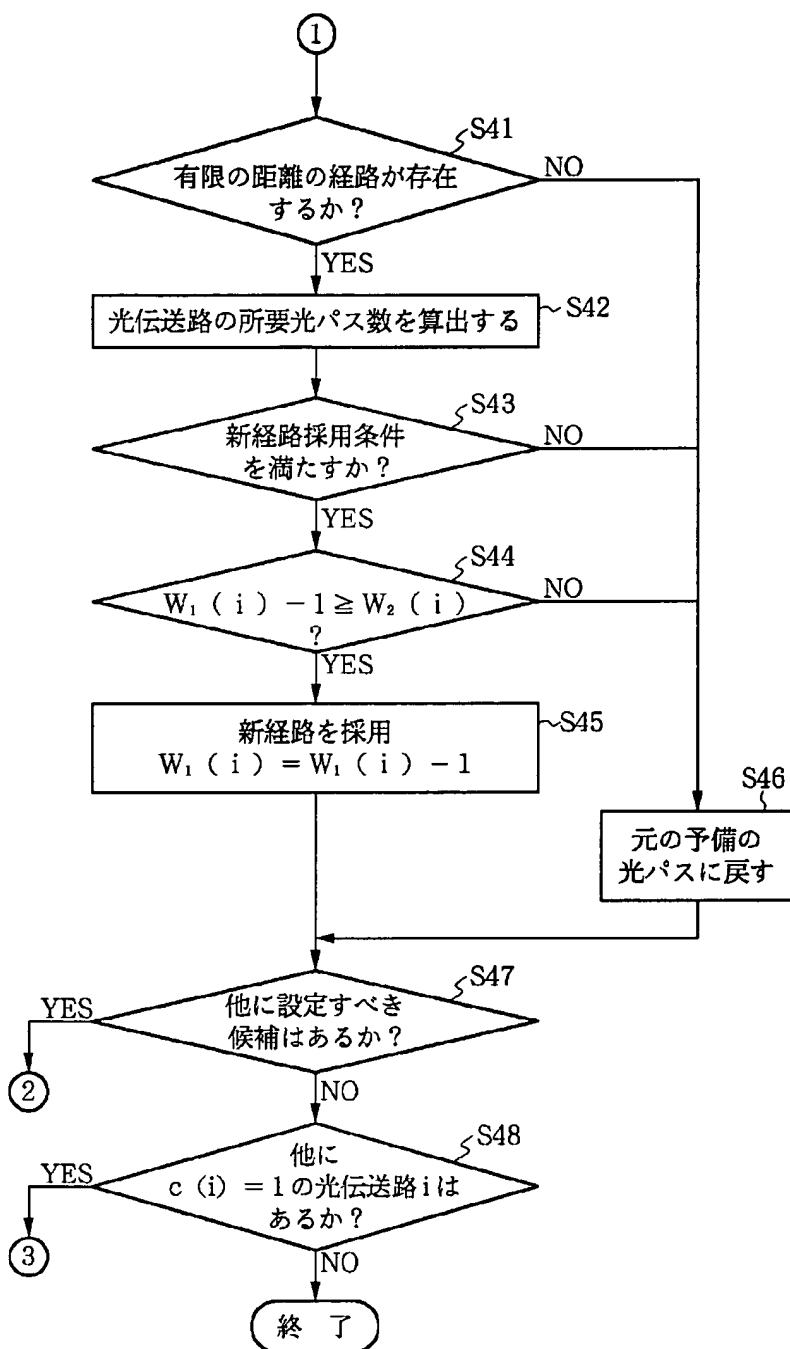
【図7】



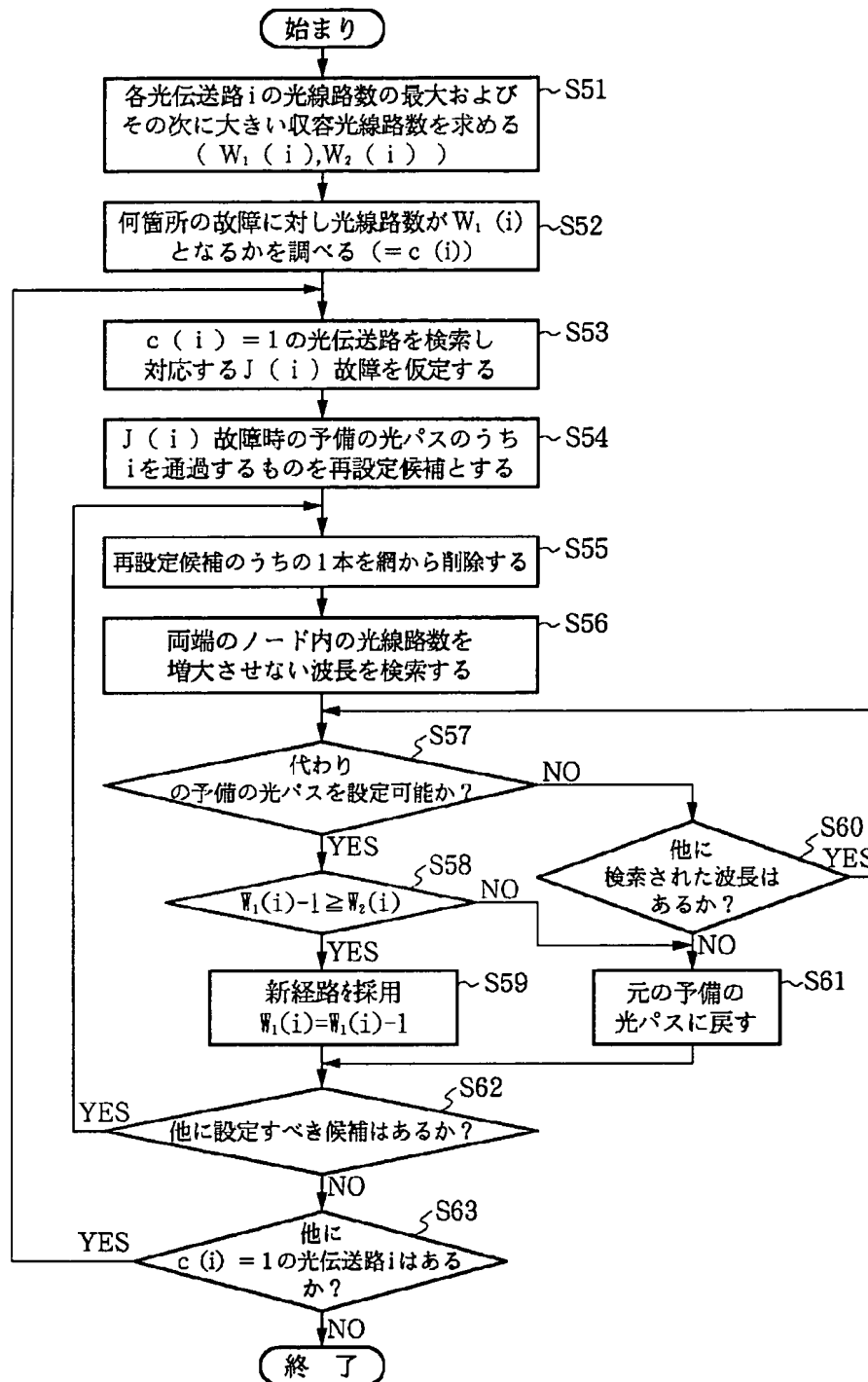
【図5】



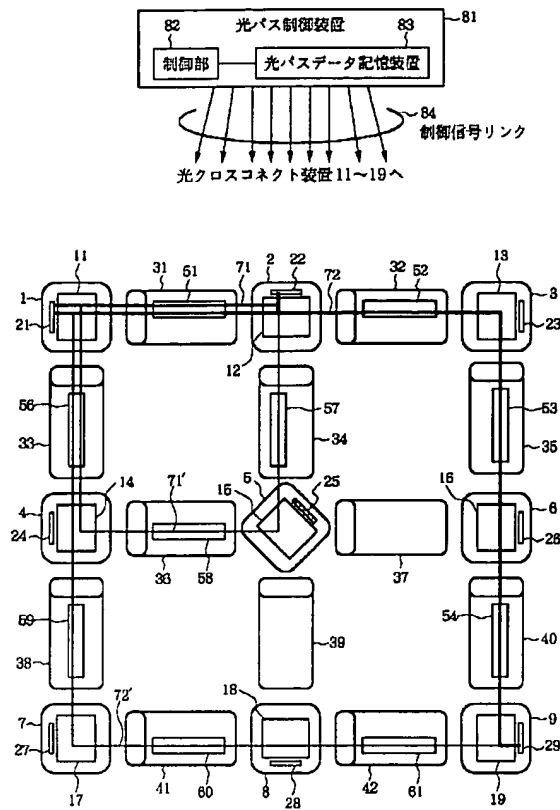
【図6】



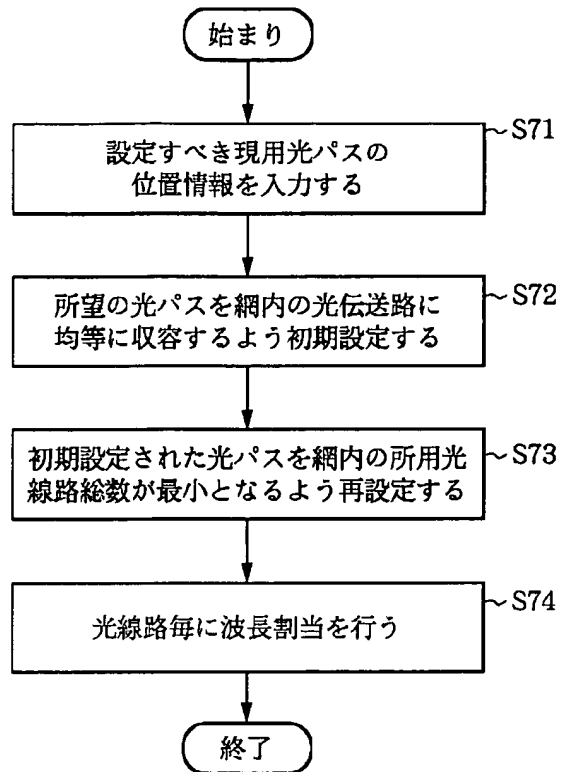
【図8】



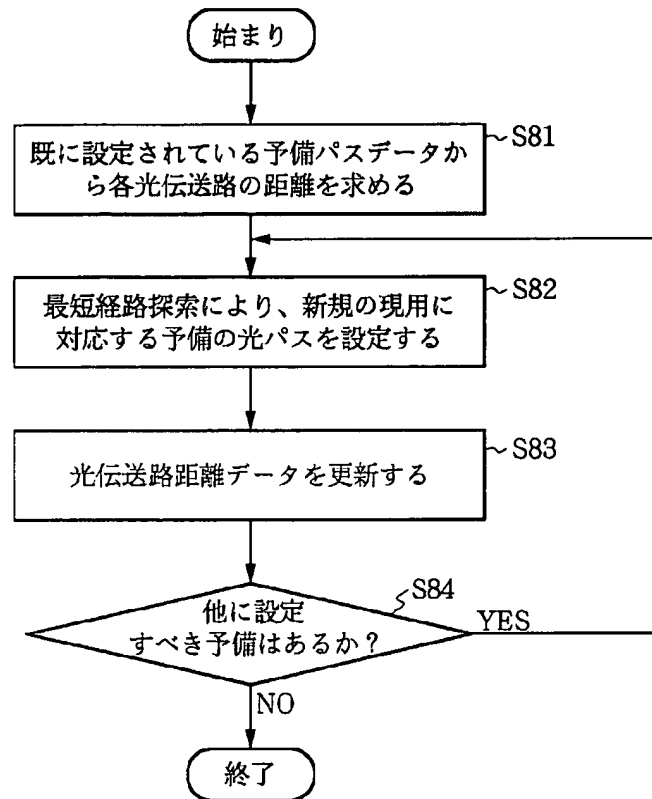
【図9】



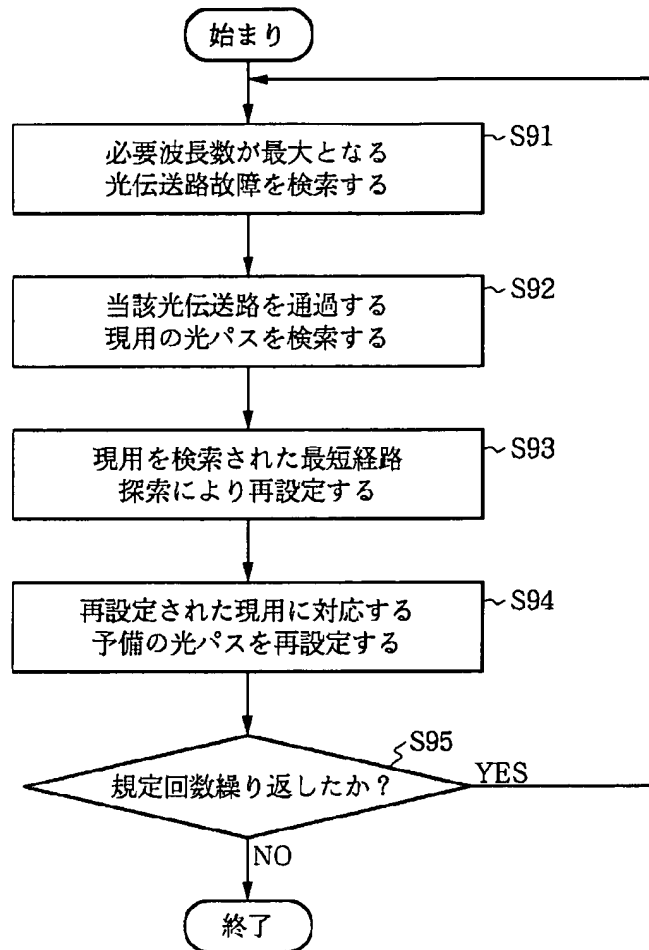
【図10】



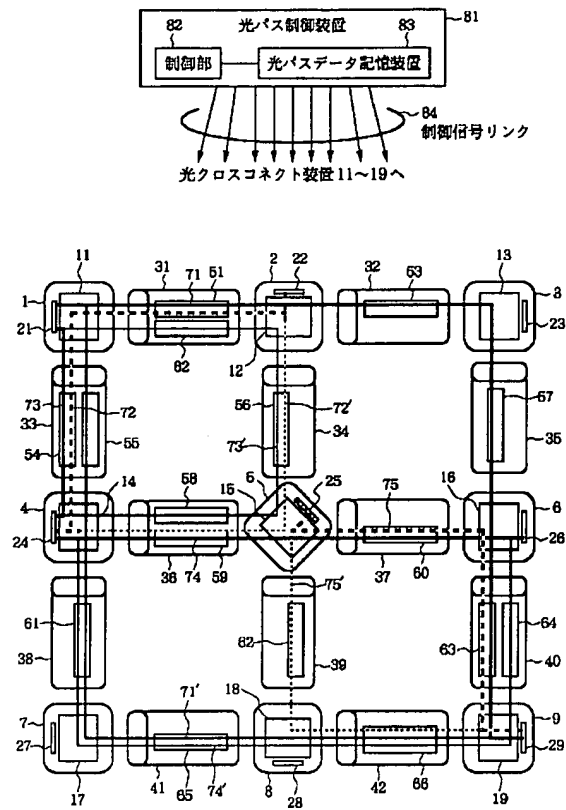
【図11】



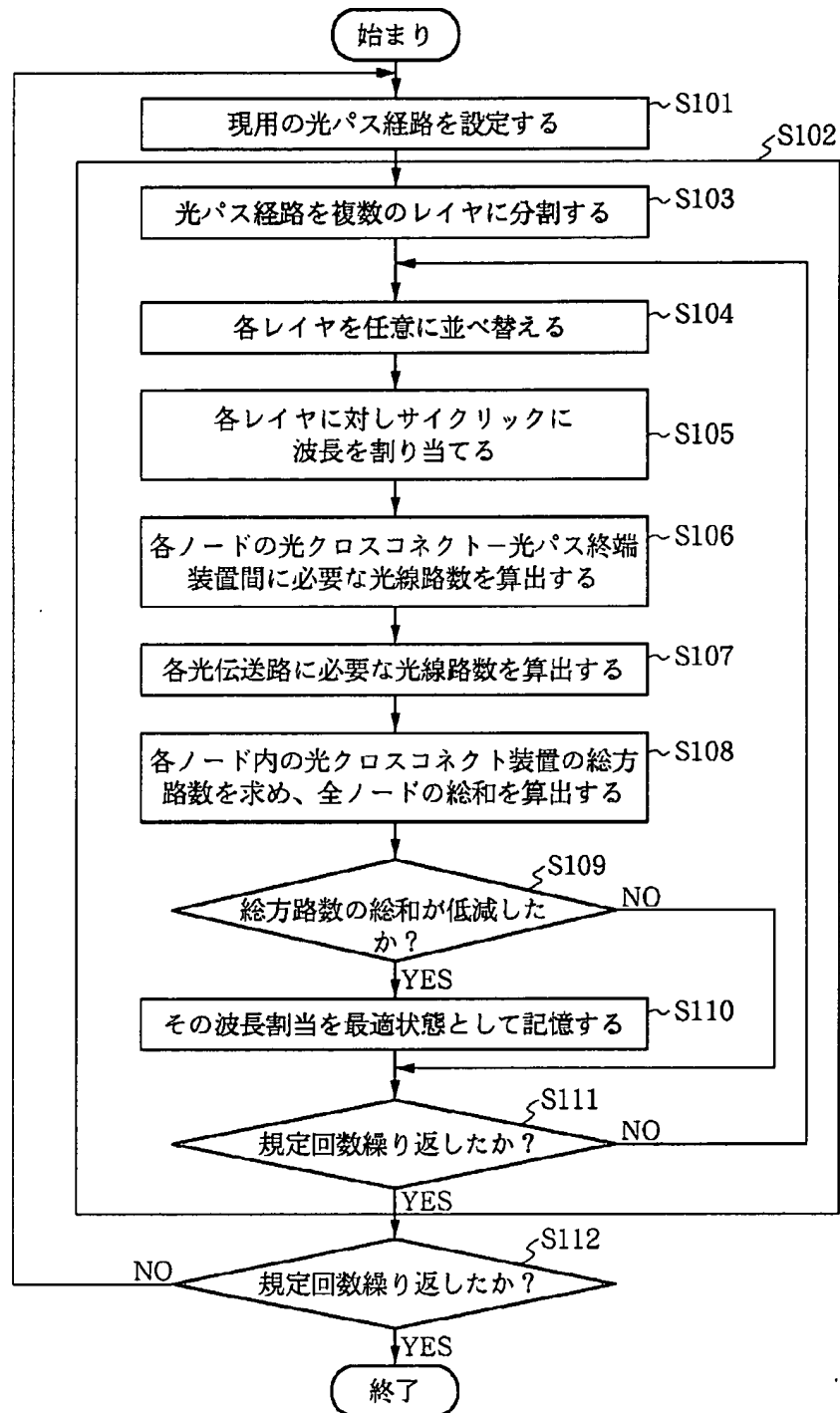
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶

H 0 4 J 1/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所